

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **09-105955**

(43)Date of publication of application : **22.04.1997**

(51)Int.Cl.

G02F 1/136
H01L 49/02

(21)Application number : **07-287906**

(71)Applicant : **RICOH CO LTD**

(22)Date of filing : **09.10.1995**

(72)Inventor : **MATSUMOTO FUMINAO**

(54) **LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a rate of occurrence of a display defect caused after long time continuous drive and to improve reliability by making a non-linear coefficient of an element a specified value or below when a current flowing through the element is expressed with a specified relation by an applied voltage.

SOLUTION: A switch element holding in a hard carbon film being an insulation body between conductors and giving between the conductors a non-linear current-voltage characteristic is provided on each display electrode. Then, when the current I flowing through the element is shown by the applied voltage V as $\ln(I/S) = \beta\sqrt{V} + \kappa$, a value of β is made smaller than 7. Further, the value of κ made smaller than -35. However, the β is a coefficient showing non-linearity, and an S shows the area of the switching element. When the value of β becomes larger than 7, the deterioration in the element is increased rapidly, and when the value of κ becomes larger than -35, the number of fractionation (number of duty) at a time division drive time is reduced rapidly. Thus, the reliability is improved, and high time division drive is made possible.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-105955

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/136	5 1 0		G 0 2 F 1/136	5 1 0
H 0 1 L 49/02			H 0 1 L 49/02	

審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-287906

(22)出願日 平成7年(1995)10月9日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 松本 文直

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(74)代理人 弁理士 友松 英爾 (外1名)

(54)【発明の名称】 液晶表示装置

(57)【要約】

【課題】 絶縁体である硬質炭素膜を導体ではさみこみ、該導体間に非線形電流電圧特性をもたせたスイッチング素子を各表示電極にそなえたアクティブマトリックス型液晶表示素子において、1. 信頼性の高いM I M素子、2. 高時分割駆動が可能なM I M素子、3. 液晶表示装置のスイッチング素子として使用可能なM I M素子、4. 2値駆動に最適なM I M素子、5. 低電圧で駆動できるM I M素子、6. 階調表示に適したM I M素子、7. 高分子散乱型液晶の駆動に適したM I M素子、8. パネルの焼き付き量が小さいM I M素子の提供。

【解決手段】 絶縁体である硬質炭素膜を導体ではさみこみ、該導体間に非線形電流電圧特性をもたせたスイッチング素子を各表示電極にそなえたアクティブマトリックス型液晶表示素子において、素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数1】 } I \propto (V/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、前式βの値が7より小さいことを特徴とする液晶表示装置。ただし、Sは該スイッチング素子の面積を表す。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁体である硬質炭素膜を導体ではさみこみ、該導体間に非線形電流電圧特性をもたせたスイッチング素子を各表示電極にそなえたアクティブマトリックス型液晶表示素子において、素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数1】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 β の値が7より小さいことを特徴とする液晶表示装置。ただし、 S は該スイッチング素子の面積を表す（以下、同じ）。

【請求項2】 絶縁体である硬質炭素膜を導体ではさみこみ、該導体間に非線形電流電圧特性をもたせたスイッチング素子を各表示電極にそなえたアクティブマトリックス型液晶表示素子において、素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数2】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値が-3.5より小さいことを特徴とする液晶表示装置。

【請求項3】 素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数3】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値が-4.1~-4.3、かつ β の値が5.0~6.0であることを特徴とする請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項4】 素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数4】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値が-3.9~-4.1、かつ β の値が4.5~5.5であることを特徴とする請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項5】 素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数5】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値が-3.8~-4.1、かつ β の値が4.0~5.0であることを特徴とする請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項6】 素子に流れる電流 I が印加した電圧 V により

$$\text{【数6】 } I \propto (I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値が-3.9~-4.1、かつ β の値が3.0~5.0であることを特徴とする請求項1または2記載の液晶表示装置。

【請求項7】 液晶層の静電容量に対する該スイッチング素子の静電容量の比が1/3以下であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載の液晶表示装置。

【請求項8】 液晶層の静電容量に対する該スイッチング素子の静電容量の比が1/30以上であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載の液晶表示装置。

【請求項9】 液晶層を挟持する二枚の基板のうち少なくとも一方の基板がプラスチックフィルムもしくはプラスチックシートであることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は少なくとも一方が透明である一対の基板間に液晶層を挟持し、少なくとも一方の基板の各々の表示画素に少なくとも一つのスイッチング素子を設けたアクティブマトリックス方式の液晶表示装置において、前記スイッチング素子として上部電極と下部電極との間の絶縁層に硬質炭素膜を使用したMIM素子に関する。

【0002】

【従来技術】 アクティブマトリックス型液晶表示装置はTFT (Thin Film Transistor) に代表される三端子素子を使用したものと、MIM (Metal Insulator Metal) に代表される二端子素子を使用したものに大別される。MIM素子を使用した液晶表示装置は高い表示品質でありながら構造が簡単で、製造コストを低くできる。また、開口率を大きくすることができるため、携帯用情報機器用の低消費電力反射型液晶表示装置として注目されている。しかしながら、二端子素子では、三端子素子のような完全なスイッチング動作を行うことはできない。このため、二端子素子をスイッチング素子として使用した液晶表示装置においては、二端子素子の電気的非線形性および静電容量等の電気的物性と液晶層の電気光学特性および電気的物性の最適化が必要である。従来から、このような液晶表示装置において高い表示品質を得るには二端子素子の電気容量を液晶層の電気容量に対して小さくしなくてはならないとされているが、これまでに具体的な内容提示はなされておらず、特開平2-26においては二端子非線形型スイッチング素子の容量は液晶層の容量に比し十分小さいこととされているのみである。また、特開平3-51824では非線形抵抗素子の静電容量に対する液晶層の静電容量の比を0.7~3.5に設定しているが、該発明ではパネル製造工程における素子の静電気破壊を防止することが目的であり、表示画質についての表記は容量比が0.7未満では液晶表示装置はON状態にならないと記載されているだけである。本出願人は、絶縁層 (Insulator) に硬質炭素膜 (DLC: Diamond Like Carbon) を使用したMIM-LCDを提案している (特開平2-289828、特開平4-86810等)。硬質炭素膜はその製膜条件により幅広い特性のMIM素子を作成することが可能である。

【0003】

【発明の目的】 前述したように二端子素子をスイッチング素子として使用したアクティブマトリックス型液晶表

示装置では、高品質な表示特性を得るために二端子素子の電気的非線形性および静電容量等の電気的物性と液晶層の電気光学特性および電気的物性の最適化が必要である。本発明の目的は絶縁体である硬質炭素膜を導体ではさみこみ、該導体間に非線形電流電圧特性をもたせたスイッチング素子を各表示電極にそなえたアクティブマトリックス型液晶表示素子において、1. 信頼性の高いMIM素子を提供する、2. 高時分割駆動が可能なMIM素子を提供する、3. 液晶表示装置のスイッチング素子として使用可能なMIM素子を提供する、4. 2値駆動に最適なMIM素子を提供する、5. 低電圧で駆動できるMIM素子を提供する、6. 階調表示に適したMIM素子を提供する、7. 高分子散乱型液晶の駆動に適したMIM素子を提供する、8. パネルの焼き付き量が小さいMIM素子を提供する、9. 薄く、軽量かつ、反射型として使用した場合に優れた表示特性の液晶表示装置を提供する、10. 装置の使用目的に最適な液晶表示装置を提供することである。

【0004】

【構成】本発明は少なくとも一方が透明である一対の基板間に液晶層を挟持し、少なくとも一方の基板の各々の表示画素に少なくとも一つのスイッチング素子を設けたアクティブマトリックス方式の液晶表示装置において、前記スイッチング素子として上部電極と下部電極との間の絶縁層に非晶質及び結晶質の少なくとも一方を含む硬質炭素膜を使用したMIM素子に関する。絶縁層に硬質炭素膜を用いたMIM素子に流れる電流 I はプールの伝導を示し、素子の上下電極間に印加する電圧 V によって

$$\text{【数7】 } I = \alpha \cdot \exp(\beta \sqrt{V})$$

もしくは

$$\text{【数8】 } I = \alpha \cdot V \cdot \exp(\beta \sqrt{V})$$

と記述される。ここで、 α は比例定数、 β は素子の非線形性を表す係数であり、硬質炭素膜を使用したMIM素子に流れる電流も上記のどちらの式でも記述できる。絶縁層として硬質炭素膜を使用したMIM素子では硬質炭素膜の形成条件を制御することにより、上記記述式の α 、 β を任意の値に設定することができる。このため、表示方式、駆動電圧、表示コントラスト、応答性、階調性、表示密度、表示容量等、目的とする液晶表示装置の仕様に合わせた素子を作成することが可能であるほか、硬質炭素膜は室温での製膜も可能であるため、ガラス以外の基板も使用することができる。本発明の液晶表示装置に用いる硬質炭素膜は、DLC(Diamond Like Carbon)膜、ダイヤモンド状炭素膜、アモルファスダイヤモンド膜、ダイヤモンド薄膜とも呼ばれるものであり、該硬質炭素膜は、例えば有機系ガスを使用し、気相成長法を用いて製造される。前記硬質炭素膜の形成において、原料は必ずしも常温で気体である必要はなく、加熱により気化するものでもよい。原料ガス

としてはメタン、エタン、ブタン等の炭化水素の他アルコール、エーテル、エステル、ケトン、炭酸等、炭素になりえる化合物であればよい。原料から硬質炭素膜へは直流、低周波、高周波、マイクロ波等によるプラズマ法により行い基板加熱状態はもちろん、室温でも製膜が可能である。また、MIM素子の上または下電極としてはニッケル、クロム、モリブデン、チタン、アルミ、タンタル、金、白金等さまざまな種類の金属を使用することができる。これらの金属膜は真空蒸着やスパッタリングによって形成する。以下、実施例により本発明の内容を詳しく説明する。

【0005】実施例1

アクティブマトリックス液晶用無アルカリガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が $200\Omega/\square$ のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の金属クロム50nmを同じくスパッタリング法で形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトリソを除去したのち硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。原料ガスはメタン、反応容器内の圧力は5Paである。プラズマCVDによる硬質炭素膜は原料ガスの種類は勿論、反応容器内の圧力、プラズマ状態を誘発するRF等の印加エネルギーによって膜質が、反応時間によって膜厚を制御することができる。制御範囲としてはRF出力で0.1~50W/cm²、圧力で0.1~1000Pa程度である。次に、上電極材料のニッケルを同じくスパッタリング法で100nm堆積した。上電極材料としてはこの他にも前述したような材料が使用できる。実際の使用にあたっては作成するパネルの大きさや表示密度等を考慮して材料を選択すればよい。硬質炭素膜を使用したMIM素子においては上電極材料による大きな特性変化はなく、主に配線抵抗、膜形成後のエッチングプロセスが変化するだけである。上電極材料をパターン加工したのち、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。本実施例におけるMIM素子の構成を図1に示す。図中で101、102、103、104はそれぞれ画素電極、下電極、硬質炭素膜、上電極を現している。完成したMIM素子基板は、上電極と画素電極間に電圧を印加することによってその電圧-電流特性(I-V特性)の測定を行う。測定結果の例を図2に示す。このように硬質炭素膜を使用したMIM素子は非線形なI-V特性を示す。前述したようにMIM素子を流れる電流はプールの伝導を示すので、電流と電圧は

$$\text{【数9】 } I n(I/S) = \beta \sqrt{V} + \kappa$$

という式で表現できる。ただし、 S はMIM素子の面積(p m²)を表している。図2のグラフ軸を前記の式にあわせて変換したものを図3に示す。直線の傾きが β 、 y 切片が κ であり、 β が大きいほど非線形性が大きく、 κ が大きいほど電流が流れやすい。このようにして、さ

さまざまな β をもつMIM素子を作成し、連続駆動試験を行った。連続駆動試験とは液晶表示装置の駆動を想定した印加信号を上下電極間に1000時間印加し、1000時間後のIV特性を測定するものである。試験の結果、 β が7より大きなサンプルにおいて、素子の劣化が急増した。この結果から、 β を7以下にすることにより、硬質炭素膜を絶縁層に使用したMIM液晶表示装置の信頼性を高めることができる。連続試験後の欠陥発生率と β との関係を図4に示す。

【0006】実施例2

SiO₂層をコートした厚さ1.1mmのソーダライムガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が200Ω/□のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の金属クロム30nmとアルミニウム30nmを真空蒸着法で連続形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトリソを除去したのち硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。原料ガスはメタン、反応容器内の圧力は10Paである。次に、上電極材料として再びクロムとアルミニウムを連続形成した。上電極材料をパターン加工したのち、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。本実施例におけるMIM素子の断面構成を図5に示す。実施例1と同様にして、素子の電気的特性を測定したのち、基板表面に液晶配向処理をおこない、同じく配向処理をおこなった対向電極基板とはりあわせて、ノーマリーホワイトタイプのTN型液晶表示装置を作成した。MIM素子基板とはりあわせる対向基板には単純マトリックス型パネル用の基板と同様な透明なストライプ状電極が形成してあり、このストライプ状電極とMIM素子基板上の画素電極とを位置合わせしながらはりあわせを行うものである。このようにして、さまざまな κ をもつMIM素子を作成しパネル化をおこなったところ、 κ が-3.5より大きなサンプルにおいて、時分割駆動時の分割数（デューティー数）が急減した。この結果から、 κ を-3.5より小さくすることにより、硬質炭素膜を絶縁層に使用したMIM液晶表示装置での高時分割駆動が可能になる。駆動可能な時分割数と κ との関係を図6に示す。

【0007】実施例3

各表示電極にMIM素子を備えた液晶表示素子は液晶層とMIM素子が直列に接続された形に近似することができる。図7に等価回路を示す。図中で201、202、203、204はそれぞれ液晶層の静電容量、液晶層の電気抵抗、MIM素子の静電容量、MIM素子の電気抵抗を現わしている。ここでMIM素子の電気抵抗は上下電極間の電位差によって変化するため、可変抵抗として記述してある。液晶層の電気抵抗、静電容量は液晶材料、画素電極面積、液晶層の厚さによって変化する。一方、MIM素子の静電容量も素子面積、硬質炭素膜の膜厚、膜質によって決定される。MIM素子の面積は下電

極と上電極が交差する面積である。よって素子面積は上下電極の少なくとも一方の電極幅を変化させることで制御できる。また、硬質炭素膜の膜質、膜厚は製膜条件により制御可能である。図7の等価回路において、端子205と端子206の間に印加された電圧は液晶層とMIM素子に分割される。端子間に選択電位がかかり、MIM素子の抵抗が小さくなった場合、液晶層とMIM素子に分割される電圧の割合は、それぞれの静電容量の比になる。このため、液晶層に十分な電圧を印加し液晶層の光学特性を制御するためには、MIM素子に対する液晶層の静電容量を十分大きくしなくてはならない。しかしながら、MIM素子は非線形な電気特性を示すため、一概に容量比を規定することができなかった。そこで、さまざまな容量比をもつ液晶表示装置を作成したところ、液晶層の静電容量に対するMIM素子の静電容量比が、1/3以下であれば液晶の駆動ができることを確認した。ただし、液晶層には0～5Vの範囲でその光学特性を制御できる材料を使用し、静電容量は電圧無印加時の値で規定している。容量比の変化によるパネルのT-Vカーブの変化を図8に示す。容量比が1/3以下の場合（a：1/3）には正常なカーブを描いているが、容量比がこれより大きくなった場合（b：2/5）、（c：1/2）ではパネルの透過率が小さくならない。言い換えれば、液晶層にかかる実効電圧が小さくなっている。

【0008】実施例4

SiO₂層をコートした厚さ1.1mmのソーダライムガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が200Ω/□のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の金属クロム30nmとアルミニウム30nmを真空蒸着法で連続形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトリソを除去したのち原料ガスにメタンを使用して硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。このとき反応容器の圧力とRF入力の大さき、製膜時間を制御することによってさまざまな特性をもつ硬質炭素膜を製膜した。次に、上電極材料として再びクロムとアルミニウムを連続形成したのち上電極材料のパターン加工を行い、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。実施例1と同様にして、素子の電気的特性を測定したのち、実施例2と同様にして、さまざまな β と κ をもつMIM素子駆動のTN型液晶表示装置を作成した。この結果 κ が-4.1～-4.3でかつ β が5.0～6.0のサンプルにおいて、2値駆動に最適な特性を得ることができた。2値駆動に最適な特性とはある駆動電圧において、十分な表示コントラストを有し、オン波形印加時とオフ波形印加時の電圧-透過率曲線が十分離れており、クロストークの影響が小さいことである。試験結果を図9にまとめる。図中の斜線部において、2値駆動に最適なパネルを得ることができた。

【0009】実施例5

SiO₂層をコートした厚さ1.1mmのソーダライムガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が200Ω/□のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の金属クロム30nmとアルミニウム30nmを真空蒸着法で連続形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトレジストを除去したのち原料ガスにメタンを使用して硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。このとき反応容器の圧力とRF入力の大きさ、製膜時間を制御することによってさまざまな特性をもつ硬質炭素膜を製膜した。次に、上電極材料として再びクロムとアルミニウムを連続形成したのち上電極材料のパターン加工を行い、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。実施例1と同様にして、素子の電気的特性を測定したのち、実施例2と同様にして、さまざまなβとκをもつMIM素子駆動のTN型液晶表示装置を作成した。この結果κが-39〜-41でかつβが5.0〜6.0のサンプルにおいて、駆動電圧の低いパネルを得ることができた。試験結果を図10にまとめる。図の斜線部において、駆動電圧がひくく比較的表示特性の良いパネルが得られた。

【0010】実施例6

SiO₂層をコートした厚さ1.1mmのソーダライムガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が200Ω/□のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の金属クロム30nmとアルミニウム30nmを真空蒸着法で連続形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトレジストを除去したのち原料ガスにメタンを使用して硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。このとき反応容器の圧力とRF入力の大きさ、製膜時間を制御することによってさまざまな特性をもつ硬質炭素膜を製膜した。次に、上電極材料として再びクロムとアルミニウムを連続形成したのち上電極材料のパターン加工を行い、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。実施例1と同様にして、素子の電気的特性を測定したのち、実施例2と同様にして、さまざまなβとκをもつMIM素子駆動のTN型液晶表示装置を作成した。この結果κが-38〜-41でかつβが5.0〜6.0のサンプルにおいて、階調駆動に適した特性のパネルを得ることができた。階調駆動に適した特性とは電圧印加時における液晶層の光学特性変化が緩やかであり、クロストークの影響を受けにくいことである。試験結果を図11にまとめる。図中の斜線部において、階調駆動に適した特性のパネルを得ることができた。

【0011】実施例7

SiO₂層をコートした厚さ1.1mmのソーダライムガラス基板にスパッタリング法でシート抵抗が200Ω/□のITO透明導電膜を形成、つづいて下電極材料の

金属クロム30nmとアルミニウム30nmを真空蒸着法で連続形成した。この積層膜をフォトリソグラフィ技術を用い画素電極パターンに加工した。フォトレジストを除去したのち原料ガスにメタンを使用して硬質炭素膜をプラズマCVD法で堆積した。このとき反応容器の圧力とRF入力の大きさ、製膜時間を制御することによってさまざまな特性をもつ硬質炭素膜を製膜した。次に、上電極材料として再びクロムとアルミニウムを連続形成したのち上電極材料のパターン加工を行い、表示電極上の硬質炭素膜及び下電極材料を除去してMIM素子基板を完成した。実施例1と同様にして、素子の電気的特性を測定したのち、さまざまなβとκをもつMIM素子駆動の高分子散乱型液晶表示装置を作成した。この結果κが-39〜-41でかつβが3.0〜5.0のサンプルにおいて、高分子散乱型液晶に適した特性のパネルを得ることができた。高分子散乱型液晶に適した特性とは比選択時における素子の抵抗が大きく、高電圧の印加にも素子劣化をおこさないことである。試験結果を図12にまとめる。図中の斜線部において、高分子散乱型液晶に適した特性のパネルを得ることができた。

【0012】実施例8

実施例3と同様にして、液晶層とMIM素子がさまざまな容量比をもつ液晶表示装置を作成し、1000時間の連続駆動試験を行ったところ液晶層の静電容量に対するMIM素子の静電容量比が、1/30より大きくなると液晶層の透過率と駆動電圧の関係がシフトする、いわゆる焼きつき現象が顕著になった。このことより、液晶層の静電容量に対するMIM素子の静電容量比を1/30以上にすることによって連続駆動によるパネル表示特性の変化を低減することができる。静電容量比と駆動電圧の変化量を図13に示す。この図ではMIM素子の静電容量に対する液晶層の静電容量をx軸としており、駆動電圧のシフト量が小さいほど焼きつき現象が起こりにくいことを示している。

【0013】実施例9

硬質炭素膜の製膜は室温でも可能であるため、基板としてガラス以外にプラスチックフィルムもしくはプラスチックシートを使用することができる。この場合、基板としては各製造プロセスに対する耐性があること、寸法変化が小さいこと、使用する表示モードに適した光学的特性をもつことなどが必要とされ、ポリサルホン、ポリカーボネート、ポリオレフィン、ポリエーテルサルホン、ポリフェニルサルホン、アクリレート、ポリエチルテレフタレート等が好ましいが、基板の表面に有機もしくは無機の保護膜を設けることによってこの他多くの材料を使用することができる。本実施例では厚さ300μmのポリカーボネートの両面に厚さ100nmのSiO₂膜をスパッタリングによって製膜した基板を使用している。MIM素子の製造工程はガラス基板を使用する場合とほぼ同様であるが、プラスチックフィルムもし

くはプラスチックシートはガラス基板に比べ剛性が小さいため、膜応力を制御して基板変形を防止する必要がある。また、薬液類に対する耐性にも劣るため使用するエッチャント、レジスト等の選択も必要となる。このようにして作成したMIM素子基板とストライプ状の透明電極を有するプラスチック基板を貼り合わせて、液晶表示パネルを作成した。このように作成したパネルは薄い、軽い、割れにくいことはもちろん、基板の厚みが薄いため、反射型の表示装置とした時に非常に鮮明な画像表示が可能となる。ここでは2枚ともプラスチックの基板を使用した、用途によりどちらか一方のみをプラスチック基板とすることも可能である。

【0014】実施例10

これまで述べてきたように絶縁層に硬質炭素膜を使用したMIM素子は素子面積、硬質炭素膜の膜質、膜厚を制御することにより、さまざまな特性をもつ素子を作成することが可能である。MIM素子で液晶層をスイッチングする際、液晶層とMIM素子のマッチングがとれていなくてもほとんどの場合液晶層の光学特性を制御することができる。しかしながら、パネルに求められる表示性能によって素子を設計することにより、その特徴を最大限にいかすことができる。携帯用情報端末ではパネルの消費電力が重要な問題であり、このような用途にはコントラストを少し低減させても、駆動電圧が低くなるようなMIM素子とする。一方、ワークステーションのように大きく、高画質が求められるようなパネルではクロストークに強く、階調表示に適したMIM素子を使用する。また、表示画面の大きさや階調数により、配線電極に求められる抵抗も変化する。大画面や高階調のパネルでは配線抵抗による電圧のドロップが問題となるため、導電率の大きい材料を使用する。一方、小さなパネルや2値表示のパネルでは安価で、製造上扱いやすい材料を使用する。このように、絶縁層に硬質炭素膜を使用したMIM素子では硬質炭素膜の膜質、膜厚、上下電極材料を固定することなく、使用する装置にあわせた素子を提供することによって優れた液晶表示装置を提供することができる。

【0015】

【発明の作用効果】

1. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数10】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 β の値を7より小さくすることによって長時間連続駆動後に発生する表示欠陥の発生率を低減し、液晶表示装置の信頼性を高めることができる。

2. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数11】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値を-3.5より小さくすることによって高時分割駆動が可能になる。

3. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数12】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値を-4.1~-4.3、かつ β の値を5.0~6.0にすることによって2値駆動に最適な特性を得ることができる。

4. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数13】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値を-3.9~-4.1、かつ β の値を4.5~5.5にすることによって駆動電圧を低くすることができる。

5. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数14】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値を-3.8~-4.1、かつ β の値を4.0~5.0にすることによって階調表示に適した特性を得ることができる。

6. 素子に流れる電流Iが印加した電圧Vにより

$$\text{【数15】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

によってあらわされるとき、 κ の値を-3.9~-4.1、かつ β の値を2.0~5.0とすることによって高分子散乱型液晶表示装置に適した特性を得ることができる。

7. 液晶層の静電容量に対する該スイッチング素子の静電容量の比を1/3以下にすることによって液晶層の光学特性を制御することができる。

8. 液晶層の静電容量に対する該スイッチング素子の静電容量の比を1/30以上にすることによって長時間連続駆動による表示特性の変化を低減することができる。

9. 液晶層を挟持する二枚の基板のうち少なくとも一方の基板がプラスチックフィルムもしくはプラスチックシートにすることによって薄く、軽く、割れにくく、反射型の表示装置とした時に非常に鮮明な画像表示が可能となる液晶表示装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のMIM素子の断面構成を示す図である。

【図2】実施例1のMIM素子の電圧-電流特性(I-V特性)を示す図である。

【図3】図2のグラフ軸を

$$\text{【数16】 } I_n(I/S) = \beta \sqrt{V + \kappa}$$

にあわせて変換したものである。

【図4】実施例1のMIM素子を1000時間駆動後の硬質炭素膜の欠陥発生率と β との関係を示す図である。

【図5】実施例2のMIM素子の断面構成を示す図である。

【図6】実施例2のMIM素子の駆動可能な時分割数と κ との関係を示す図である。

【図7】実施例3のMIM-LCDの等価回路を示す図である。

【図8】実施例3の液晶表示装置の液晶層の静電容量に対するMIM素子の容量比の変化によるパネルのT-Vカーブの変化を示す図である。

【図9】実施例4のTN型液晶表示装置の2値駆動に最

適な β と κ の組み合わせ範囲を示す図である。

【図10】実施例5のTN型液晶表示装置の低電圧駆動に最適な β と κ の組み合わせ範囲を示す図である。

【図11】実施例6のTN型液晶表示装置の階調表示駆動に最適な β と κ の組み合わせ範囲を示す図である。

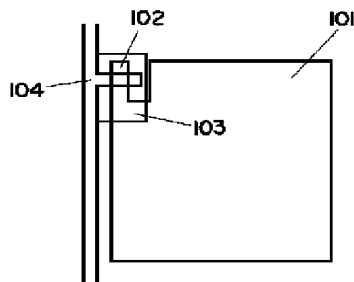
【図12】実施例7の高分子散乱型液晶の駆動に最適な β と κ の組み合わせ範囲を示す図である。

【図13】実施例8の液晶表示装置の液晶層の静電容量に対するMIM素子の静電容量比と駆動電圧との変化量の関係を示す図である。

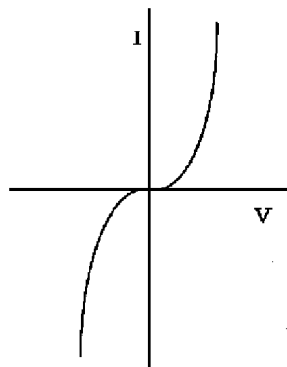
【符号の説明】

- 101 画素電極
- 102 下電極
- 103 硬質炭素膜
- 104 上電極
- 201 液晶層の静電容量
- 202 液晶層の電気抵抗
- 203 MIM素子の静電容量
- 204 MIM素子の電気抵抗
- 205 端子
- 206 端子

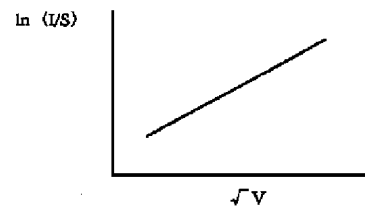
【図1】



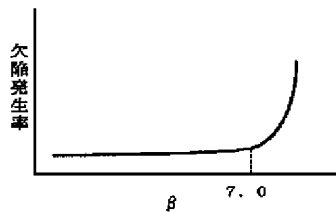
【図2】



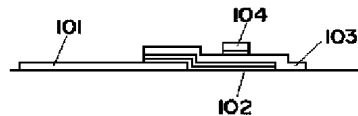
【図3】



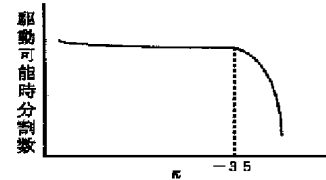
【図4】



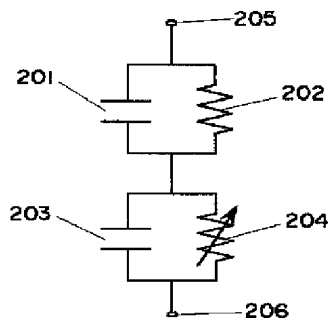
【図5】



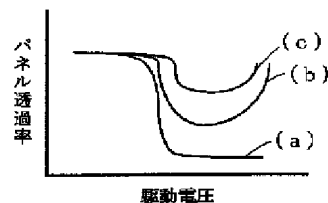
【図6】



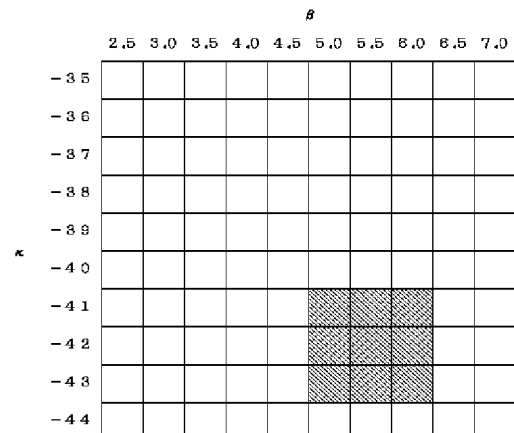
【図7】



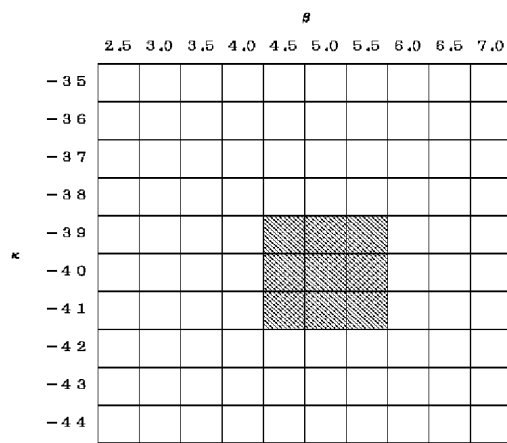
【図8】



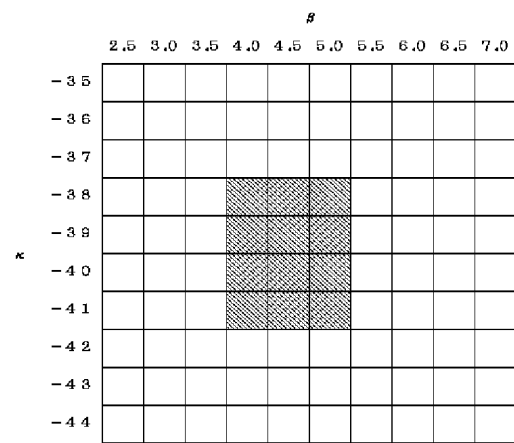
【図9】



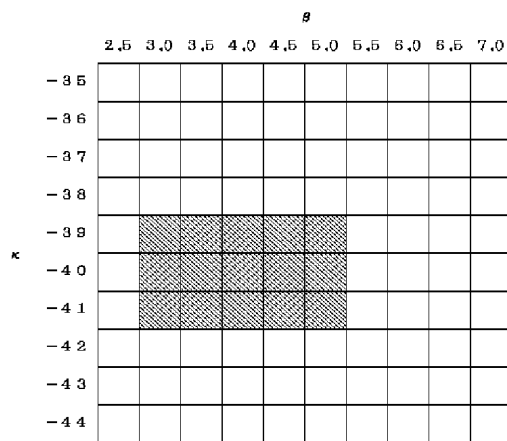
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

